

⑨ 日本国特許庁 (JP)      ⑩ 特許出願公開  
**⑪ 公開特許公報 (A)**      昭57—160067

⑤ Int. Cl.<sup>3</sup>  
G 01 P 9/04

識別記号      庁内整理番号  
7027-2F

⑥公開 昭和57年(1982)10月2日

発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 8 頁)

⑦回転センサ

⑧特 願 昭57—34523  
 ⑨出 願 昭57(1982)3月4日  
 優先権主張 ⑩1981年3月4日 ⑪米国(US)  
 ⑫240518  
 ⑫発明者 ジエイムス・マイケル・オコナー  
           アメリカ合衆国48024ミシガン  
           州フアーミントン・ハイデン22  
           766  
 ⑫発明者 ディビッド・マイケル・シャツ

ブ  
 アメリカ合衆国48084ミシガン  
 州トロイ・エイボンハースト26  
 13  
 ⑪出願人 ザ・ベンディックス・コーポレーション  
           アメリカ合衆国48037ミシガン  
           州サウス・フィールド・ベンディックス・センター(番地なし)  
 ⑫代理人 弁理士 山川政樹 外1名

明細書

1. 発明の名称

回転センサ

2. 特許請求の範囲

(1)回転軸線を有する支持構造体(12)と、この支  
 持構造体(12)から前記回転軸線に平行に支持さ  
 れる片持ちビーム(10)とを有し、この片持ちビ  
 ム(10)は前記支持構造体(12)にとりつけられ  
 るベース端部と自由端部を有する回転センサで  
 あつて、

前記支持構造体(12)に対する平面上で前記片  
 持ちビーム(10)の自由端部を振動させるための  
 要素(14, 18, 20)と。

前記片持ちビーム(10)のベースにおける横方  
 向の応力を検出して前記回転軸線を中心とする前  
 記支持構造体(12)の回転速度に対応する値を有  
 する信号を発生する第1のセンサ要素(22, 42)と、  
 を備えることを特徴とする回転センサ。

(2)特許請求の範囲の第1項に記載の回転センサで  
 あつて、前記支持構造体(12)と前記片持ちビー

ム(10)は一体構造体(10, 12)であることを特徴  
 とする回転センサ。

(3)特許請求の範囲の第2項に記載の回転センサで  
 あつて、前記一体構造体(10, 12)の材料は単結晶  
 材料であることを特徴とする回転センサ。

(4)特許請求の範囲の第3項に記載の回転センサで  
 あつて、前記単結晶材料は単結晶シリコンである  
 ことを特徴とする回転センサ。

(5)特許請求の範囲の第3項に記載の回転センサで  
 あつて、前記単結晶シリコンは前記回転軸線に平  
 行な001結晶軸と、この001軸に垂直な110  
 結晶軸を有することを特徴とする回転センサ。

(6)特許請求の範囲の第5項に記載の回転センサで  
 あつて、前記片持ちビーム(10)は長方形であり、  
 前記110結晶軸は前記片持ちビーム(10)の一  
 方の表面に平行であることを特徴とする回転セン  
 サ。

(7)特許請求の範囲の第6項に記載の回転センサで  
 あつて、前記1つの表面は片持ちビームの振動面  
 に垂直であることを特徴とする回転センサ。

(8)特許請求の範囲の第6項または第7項に記載の回転センサであつて、前記第1のセンサ要素(22,42)は前記片持ちビーム(10)の前記一方の表面上に前記ベース淮部に近接して形成されるV形圧電抵抗素子(22)を含み、この圧電抵抗素子は前記1-10結合部に平行な地線を有することを特徴とする回転センサ。

(9)特許請求の範囲の第7項に記載の回転センサであつて、前記第1のセンサ要素(22,42)は、

前記片持ちビーム(10)の前記ベース淮部に近接して前記一方の表面上に形成され、かつ前記1-10結合部に平行な地線を有するV形圧電抵抗素子(22)と、

前記支持構造体(12)の表面に形成され、前記圧電抵抗素子(22)の抵抗値を示す値を有する出力信号を発生するために前記圧電抵抗素子(22)に接続される第1の増幅回路装置(42)と、  
を備えることを特徴とする回転センサ。

(10)特許請求の範囲の第1項に記載の回転センサであつて、前記片持ちビームを振動させるための前

あつて、前記片持ちビームを振動させるための前記要素(14,18,20)は、

前記片持ちビーム(10)の表面上に配置されるビーム電極(18)と、

このビーム電極(18)に近接して前記支持構造体(12)に固定される固定電極(14)と、

前記片持ちビーム(10)を振動させる静電力を発生させるために前記ビームと前記固定電極(18,14)の間に振動電位を発生する発振器(20)と、  
を備えることを特徴とする回転センサ。

(11)特許請求の範囲の第1-2項に記載の回転センサであつて、前記発振器(20)は、

前記片持ちビーム(10)の振動を検出してその片持ちビーム(10)の振動数に対応する周波数を有する出力信号を発生する第2のセンサ要素(34)と、

前記出力信号を増幅して前記振動電位を発生する第2の増幅器(38)と、  
を備えることを特徴とする回転センサ。

(12)特許請求の範囲の第1-3項に記載の回転センサ

記要素(14,18,20)は、

前記片持ちビーム(10)の表面上に配置されるビーム電極(18)と、

このビーム電極(18)に近接して前記支持構造体(12)により支持される固定電極(14)と、

前記片持ちビーム(10)を振動させる静電力を発生させる振動電位を前記ビーム電極(18)と前記固定電極(14)の間に発生するための発振器(20)と、  
を備えることを特徴とする回転センサ。

(13)特許請求の範囲の第1-10項に記載の回転センサであつて、前記発振器(20)は、

前記片持ちビーム(10)の振動を検出して片持ちビーム(10)の振動数に対応する周波数成分を有する信号を発生する第2のセンサ要素(34)と、

この第2のセンサ要素(34)により発生された信号を増幅して前記ビームと固定電極(18,14)の間に前記振動電位を発生する第2の増幅器(38)と、  
を備えることを特徴とする回転センサ。

(14)特許請求の範囲の第5項に記載の回転センサで

であつて、前記第2のセンサ要素(34)は前記片持ちビーム(10)のベース淮部近くの表面上に形成された第2の圧電抵抗素子であり、前記増幅器(38)は前記支持構造体(12)に表面に形成された集積回路であることを特徴とする回転センサ。

(15)特許請求の範囲の第1-4項に記載の回転センサであつて、前記第2の圧電抵抗素子(34)の地線は前記一体構造体(10,12)の001結合部に平行であることを特徴とする回転センサ。

(16)特許請求の範囲の第9項に記載の回転センサであつて、前記片持ちビーム(10)を振動させる前記要素(14,18,20)は、

前記片持ちビーム(10)の前記一方の表面とは反対の表面上に配置されるビーム電極(18)と、

このビーム電極(18)に近接して前記支持構造体(12)に固定される固定電極(14)と、

前記ビーム(10)を振動させる静電力を発生させるために前記ビーム電極(18)と前記固定電極(14)の間に振動電位を発生する発振器(20)と、  
を備えることを特徴とする回転センサ。

07特許請求の範囲の第1~6項に記載の回転センサであつて、前記発振器(20)は、

前記片持ちビーム(10)の表面のベース振動に近接する部分に形成され、前記片持ちビーム(10)の振動に応じて振動する抵抗値を有する第2の圧電抵抗素子(34)と、

前記支持構造体(12)の表面に形成され、前記第2の圧電抵抗素子(34)の振動する抵抗値に応じて、前記ビーム電極(18)と前記固定電極(14)の間に前記振動電位を発生する集積電気回路(38)と、

を備えることを特徴とする回転センサ。

08特許請求の範囲の第2項に記載の回転センサであつて、前記振動片持ちビーム(10)と前記第1のセンサ要素(22,42)により発生された信号の間の位相関係を検出して、前記支持構造体(12)の回転の向きを示す信号を発生する位相検出器(44)を更に含むことを特徴とする回転センサ。  
09特許請求の範囲の第1項または第1~8項に記載の回転センサであつて、前記第1のセンサ要素

(22,42)により発生された信号を積分して、前記支持構造体(12)の所定位置からの全角変位を示す変位信号を発生する積分器(66)を更に含むことを特徴とする回転センサ。

10特許請求の範囲の第1項または第1~8項に記載の回転センサであつて、前記第1のセンサ要素(22,42)により発生された信号を積分して、前記支持構造体(12)の角加速度を示す加速度信号を発生する積分器を更に含むことを特徴とする回転センサ。

11特許請求の範囲の第1項または第1~8項に記載の回転センサであつて、

前記第1のセンサ要素(22,42)により発生された信号を積分して、前記支持構造体(12)の所定位置からの全角変位を示す変位信号を発生する積分器(66)と、

前記第1のセンサ要素(22,42)により発生された信号を積分して、前記支持構造体(12)の角加速度を示す加速度信号を発生する積分器と、  
を更に含むことを特徴とする回転センサ。

12特許請求の範囲の第1~6項に記載の回転センサであつて、前記発振器(20)と前記第1の増幅回路装置(42)の出力との間の位相関係を検出して前記支持構造体の回転の向きを示す信号を発生する位相検出器(44)を更に含むことを特徴とする回転センサ。

13特許請求の範囲の第1~6項または第1~8項に記載の回転センサであつて、前記第1の増幅回路装置(42)の出力を積分して、前記支持構造体(12)の所定位置からの全角変位を示す変位信号を発生する積分器(66)と、  
を更に含むことを特徴とする回転センサ。

### 3. 発明の詳細な説明

本発明は回転センサの分野に関するものであり、とくに振動ビーム回転センサに関するものである。

回転速度を検出するためには振動するリードするわち振動する片持ちビームを使用することが知られている。米国特許第2,513,340号には弾力的にとりつけられて電気的に駆動される音叉が示されている。音叉が振動するとその音叉の慣性モーメントが周期的に変化する。その結果、音叉の角回転に抗する周期的な力が生ずる。弾力的にとりつけられている音叉とそのベースの間の角度遅れすなわち角変位は角加速度すなわち回転加速度に比例し、その周期的な力の振幅は回転速度に比例する。

14特許請求の範囲の第1~6項または第1~8項に記載の回転センサであつて、前記第1の増幅回路装置(42)の出力を積分して、前記支持構造体(12)の角加速度を示す加速度信号を発生する積分器(66)を更に含むことを特徴とする回転センサ。

15特許請求の範囲の第1~6項または第1~8項に記載の回転センサであつて、前記第1の増幅器(42)の出力を積分して、前記支持構造体(12)の角加速度を示す加速度信号を発生する積分器(66)と、  
を更に含むことを特徴とする回転センサ。

16特許請求の範囲の第1~6項または第1~8項に記載の回転センサであつて、前記第1の増幅回路装置(42)の出力を積分して、前記支持構造体(12)の角加速度を示す加速度信号を発生する積分器(66)を更に含むことを特徴とする回転センサ。

17特許請求の範囲の第1~6項または第1~8項に記載の回転センサであつて、

前記第1の増幅回路装置(42)の出力を積分し

单一振動部材の概念が米国特許第2,544,646号に開示されている。この米国特許においては、直列に連結されている2つのリードすなわち片持ビームが互いに直角に振動するために拘束される。第1のビームナなわら下側のビームが電気的に制御されて上側のビームを振動させる。上側のビームの慣性モーメントにより、その最初の振動面からの角変位に応する周期的に変化する力が生ずる。この周期的な力は変位に比例する。下側のビームが回転すると、下側のビームの振動面に垂直な平面内で上側のビームを振動させる。上側のビームの振動の振幅は回転の角速度に比例する。前記米国特許第2,544,646号に開示されている2つの実施例においては、上側と下側のビームは圧電基板で構成される。

米国特許第3,842,681号には米国特許第2,544,646号に開示されている振動ビームの概念が2軸角速度センサに拡張したものが開示されている。この米国特許第3,842,681号に開示されているセンサにおいては、下側の振動リードの代りに振動する

回転ハブが用いられる。そのハブからは4本の片持ビームがそのハブの振動軸と垂直な十字形になつて支持され、弾性を持った部材として支持される。この振動する片持ビームにより発生されるコリオリの力が、十字形の片持ビームにより定められている軸線の1本を中心とする回転抵抗し、他の軸線を定めるビームを十字形の平面に垂直な方向に振動させる。片持ビームは圧電材料から作られ、十字形の平面に垂直な振動に応じて信号を出力する。

本発明は一体シリコン支持構造体から支持され、電気的に振動させられる片持されたシリコン振動ビームを有する回転センサに関するものである。ビームのベース端部表面に圧電抵抗素子が形成される。その圧電抵抗素子は、振動ビームの長手方向に平行な軸線を中心とするそのビームの回転により発生される応力に応答するだけである。好適な実施例においては片持ビームの振動を測定する電気信号を発生する発振回路と、圧電抵抗素子の抵抗値変化を電気信号に変化する増幅回路とが

#### 従来の集積回路技術を用いてシリコン基板の表面に形成される。

本発明の利点の1つは、センサが部品を2個だけ有することである。本発明の別の利点は、圧電抵抗素子と電子回路を振動ビームの表面と支持構造体の表面にそれぞれ直接形成でき、それによりこれらの電子部品を補助的に支持する必要をなくしたことである。本発明の別の利点は、従来の集積回路製造技術を用いて開発する電子装置をセンサのシリコン表面に直接作り、センサの製造コストを比較的低くすることができる。本発明のセンサの更に別の利点は従来の同様なセンサと比較して極めて小型なことである。以下、図面を参照して本発明を詳細に説明する。

本発明の振動ビーム回転センサの平面図と横断面図が第1、2図にそれぞれ示されている。この振動ビーム回転センサは、一体シリコン支持構造体1-2から支持されている薄い単結晶シリコン片持ビーム1-0を有する。このシリコン片持ビーム1-0は、「回路」とシステムに開示するEBEBト

ランザクション(IEEE Transactions on Circuits and Systems)』Vol. CAS-25, No. 4, 1978年4月号、所載のM.P.HribsekおよびR.W.Newcombの論文「シリコン・ビームの機械的共振を用いた高Q選択フィルタ(High Q Selective Filters Using Mechanical Resonance of Silicon Beams)」に示されている技術を用いて製造できる。シリコン支持構造体はベース電極1-4に接着される。このベース電極1-4は第2図に示すような金属基板とすることもできれば、第3図に示すように、シリコン基板またはガラス基板1-6の片持ビーム1-0に面する上面の上に配置される薄い金属電極とすることができる。

ベース電極1-4と、片持ビーム1-0の表面に沿つて配置されているビーム電極1-8との間に発振器2-0が交差電位差を生ずる。ビーム電極1-8は第2図に示すようにビーム1-0の底面に沿つて配置することができるが、ビーム1-0の上面に沿つて配置させることもできる。電極1-4と1-8の

間の交流電界がビーム 1.0 をその固有共振振動数またはその近くの振動数で振動させる周期的な静電力を発生するよう、発振器 2.0 の周波数は片持ちビームの共振振動数に一致する。

一体となつてある单結晶シリコンビーム 1.0 と支持構造体 1.2 との結合部は、その 0.01 軸がビーム 1.0 の長手方向に平行で、その 1.10 軸がビームの長手方向に垂直で、かつビームの上面に平行であるように選択される。0.01 結合部と 1.10 結合部の向きは図 1 図それぞれ矢印 2.6, 2.8 で示される。同様に、0.01, 1.10 結合部が第 2 図に矢印 2.6, 3.0 によりそれぞれ示されている。

p 形圧電抵抗素子 2.2 がビーム 1.0 のベース端部に配置される。この場合には、圧電抵抗素子 2.2 の軸線はビーム 1.0 の結晶構造の 1.10 軸に平行にされる。この圧電抵抗素子は、周知の方法によりビームのシリコン構造中に注入または拡散させることにより作成することができる。ビームに対するシリコンの結合部の向きと、圧電素子の向きは、後で説明するように、この回転センサの適切な動作

ジャーナル・オブ・アプライド・ファイジクス (Journal of Applied Physics) J 33 巻 1 月号 (1961 年) 3322~3327 ページ所載の O.N.Tufte 氏の論文「シリコン拡散素子圧電抵抗ダイアフラム (Silicon Diffused-Element Piezoresistive Diaphragms)」に示されている。この向きでの p 形素子の横方向圧電抵抗率  $\epsilon_{\perp}$  は零である。ビームの単振動により 1.10 軸と 1.10 軸に沿う応力は零に近いから無視できる。したがつて、圧電抵抗素子 2.2 は、单結晶シリコンビームの 1.10 軸と 0.01 軸により定められる平面内のビームの単振動には感じない。

従来の振動回転センサについて述べたように、角運動量保存則のために、トルクが作用しなければ、ビーム 1.0 はその最初の振動平面内での振動を保持する。ビーム 1.0 の長手軸 1.2 を中心として支持構造体 1.2 が回転すると、ビーム 1.0 にトルクが加えられて 1.10 結合部方向の応力が生ずる。ビーム 1.0 のベース端部に配置されている圧電抵抗素子 2.2 はこの応力に応答し

作にとつて重量である。

この回転センサの動作は次の通りである。発振回路 2.0 が振動静電界をビーム電極 1.8 とベース電極 1.4 の間に生ずる。この振動静電界により周期的な静電力が片持ちビーム 1.0 に加えられ、ビーム 1.0 の結晶構造の 0.01 軸と 1.10 軸により定められる平面内でビーム 1.0 の共振振動数またはその近くの振動数でビーム 1.0 を振動させる。

ビームの振動のために近くの圧電抵抗素子 2.2 の中に生ずる主応力は圧電抵抗素子 2.2 の軸線を横切る方向である。この横方向の応力に対する圧電抵抗素子 2.2 の感度は次式で与えられる。

$$\frac{\Delta R}{R} = \epsilon_{\perp} \epsilon_{\perp} + \epsilon_{\perp} \epsilon_{\perp} + \epsilon'_{\perp} \epsilon'_{\perp}$$

ここに、 $\Delta R$  は圧電素子の抵抗値の変化量、R は圧電素子の静止状態における抵抗値。 $\epsilon_{\perp}$ ,  $\epsilon'_{\perp}$ ,  $\epsilon_{\perp}$  は圧電抵抗素子の軸線に対して長手方向および直角方向の圧電抵抗率。 $\epsilon_{\perp}$ ,  $\epsilon'_{\perp}$ ,  $\epsilon'_{\perp}$  は対応する応力である。

p 形圧電抵抗層についての  $\epsilon_{\perp}$  と  $\epsilon'_{\perp}$  の値が「

て、その抵抗値 R を  $\epsilon_{\perp}$  だけ変化させる。低振幅でドープされているシリコン圧電抵抗素子の長手方向応力に対する感度は次式で与えられる。

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\epsilon_{\perp}}{2} \epsilon_{\perp} + \epsilon'_{\perp} \epsilon'_{\perp}$$

ここに、 $\epsilon_{\perp}$  は  $138 \times 10^{-18} \text{ dyne}/\text{dyne}$ 、 $\epsilon_{\perp}$  は回転に抗する振動ビームの慣性モーメントにもとづいて発生される応力である。前記 Tufte により与えられた係数  $\epsilon_{\perp}$  と  $\epsilon'_{\perp}$  はねじれ力により発生された横方向応力の可能な二次成分にすぎない。したがつて、ビーム 1.0 の長手軸 1.2 を中心としてセンサが回転すると、圧電抵抗素子 2.2 の抵抗値が、振動ビーム 1.0 により発生されて回転に抗する力に比例する値  $\Delta R$  だけ変化する。回転に抗する力は振動ビームの慣性モーメントに比例するから、圧電抵抗素子 2.2 の抵抗値の変化量  $\Delta R$  は振動ビーム 1.0 の振動数に対応する周波数で変動し、その大きさは支持構造体 1.2 の回転速度に比例する。

この振動ビーム回転センサの第 2 の実施例を図 4 図に示す。この実施例は第 1, 2 図に示す実施

例と基本的には同じであるが、ビーム 1.0 の表面に、その長手軸がビーム 1.0 の 0.01 組合せに平行になるようにして配座される第 2 の圧電抵抗素子 3.4 を含む。

圧電抵抗素子 3.4 は電源 B+ とアースの間に固定抵抗素子 3.6 と直列になつて接続される。固定抵抗素子 3.8 と圧電抵抗素子 3.4 の共通接続点は演算増幅器 3.8 の入力端子に接続される。この増幅器 3.8 の出力端子はビーム電極 1.8 と位相検出器 4.4 に接続される。

電源 B+ とアースの間に圧電抵抗素子 2.2 が第 2 の固定抵抗素子 4.0 が直列に接続される。圧電抵抗素子 2.2 と固定抵抗素子 4.0 の共通接続点は演算増幅器 4.2 の入力端子に接続される。この増幅器 4.2 の出力端子は位相検出器 4.4 の入力端子と出力端子 4.6 に接続される。位相検出器 4.4 は出力を端子 4.6 に生ずる。端子 4.6, 4.8 は航空機の自動操縦装置またはミサイルの誘導装置のような利用装置または表示装置に接続される。

次に、第 4 図に示す回転センサの動作を説明す

る。圧電抵抗素子 2.2 とは対照的に、圧電抵抗素子 3.4 はビーム 1.0 の振動を感じ、その振幅がビーム 1.0 の振動に同期して最大値と最小値の間で振動する。直列接続されている固定抵抗素子 3.6 と圧電抵抗素子 3.4 は分圧回路網を構成し、ビーム 1.0 の共振振動数に対応する周波数を有する振動信号を抵抗素子 3.6 と 3.4 の共通接続点に生ずる。この信号は演算増幅器 3.8 により増幅されてベース電極 1.4 とビーム電極 1.8 の間に与えられ、ビーム 1.0 の振動を持続する静電力を生ずる。ビーム 1.0 と圧電抵抗素子 3.4 および増幅器 3.8 の組合せはハートレー発振器として機能する。この場合には、ビーム 1.0 は河濱回路に等しく、圧電抵抗素子 3.4 が所要の帰還信号を与える。電極 1.4 と 1.8 の間に与えられる演算増幅器 3.8 の出力信号がビーム 1.0 の振動を持続させるのに適切な位相を有するように、増幅器 3.6 が必要な移相機能を有するものと仮定している。

第 1, 2 図を参照して説明した圧電抵抗素子 2.2 はビーム 1.0 の単振動には感じないが、支持構造

体が回転軸 3.2 を中心に回転させられた時に発生される応力に応じて抵抗値を変化する。この抵抗値変化は、固定抵抗素子 4.0 と圧電抵抗素子 2.2 の接続点において電圧信号に変えられる。この電圧信号はバソフア増幅器として機能する演算増幅器 4.2 により増幅される。この増幅器 4.2 の出力は支持構造体 1.2 が回転させられる速度を示す振幅と、支持構造体の回転の向きを示す、ビーム 1.0 に対する位相とを有する信号である。増幅器 3.8, 4.2 の出力信号の位相は位相検出器 4.4 において比較される。この位相検出器 4.4 は、それら 2 つの信号が同相（これは支持構造体が第 1 の向きに回転させられていることを示す）の時に第 1 の信号を発生し、2 つの信号が 180 度位相が異なる（これは支持構造体が上記第 1 の向きとは逆の向きに回転させられていることを示す）時に第 2 の信号を発生する。

次に第 5 図を参照する。固定抵抗素子 3.6, 4.0 は演算増幅器 3.8, 4.2 とともに、従来の集積回路技術により、支持構造体 1.2 の表面に直接形成

または注入により作ることができる。電極 5.0 のような電極が端子 5.2 を介して電力をそれらの電子回路と圧電抵抗素子に電力を供給する。端子 4.8 は第 4 図に示す端子 4.6 と同じもので、回転軸 3.2 を中心として支持構造体が回転させられる速度を示す増幅器 4.2 の出力を受ける。位相検出器 4.4 は、第 4 図に示すように独立した回路構造とすることができれば、第 5 図に示すように増幅器 3.8, 4.2 とともにシリコン支持構造体の表面に作り込むこともできる。

次に第 6 図を参照する。この回路には第 5 図に示すような種類の回転センサ 6.0 が利用装置 6.4 とともに示されている。利用装置 6.4 はたとえば航空機の自動操縦装置、ミサイル誘導装置または単なる表示パネルなどである。回転センサ 6.0 の端子 4.6, 4.8 に現われる出力信号は、第 5 図を参照して説明したように、増幅器 4.2 と位相検出器 4.4 の出力である。端子 4.6, 4.8 は信号発生器 6.2 に接続される。この信号発生器 6.2 は増幅器 4.2 の出力信号の振幅を回転速度信号に変換する。

この回転速度信号は検出した回転速度を示すアナログ信号、周波数信号またはデジタル信号として得ることができる。信号発生器 6 2 は回転の向きを示す信号も発生する。信号発生器 6 2 の出力は利用装置 6 4 に与えられる。

信号発生器 6 2 により発生された回転速度信号は積分器 6 6 へも与えることができる。この積分器 6 6 は回転速度信号を時間について積分して、基準位置からのセンサの全回転(角)度数を示す変位信号やなわら変位信号を発生する。この変位信号も利用装置 6 4 で利用できる。

信号発生器 6 2 により発生された信号は微分器 6 8 に与えることもできる。この微分器は回転速度信号を時間について微分して、センサ 6 0 の回転加速度を示す回転(角)加速度信号を発生する。

この回転加速度信号も利用装置 6 4 で利用できる。

#### 4. 四面の簡単な説明

第 1 図は本発明の回転速度センサの一実施例の平面図、第 2 図は第 1 図に示す実施例の横断面図、第 3 図はベース電極の別の構造を示すセンサの構

断面図、第 4 図は片持ち圧電抵抗素子を有する本発明の回転速度センサの一実施例の平面図、第 5 図はシリコン支持構造体の表面に発振回路と増幅回路が直線形成された本発明の回転速度センサの一実施例の平面図、第 6 図は利用装置に組合わされた回転センサのプロトクルである。

1 0 . . . . 片持ちビーム、1 2 . . . . 支持構造体、1 4 . . . . 固定電極、1 8 . . . . ビーム電極、2 0 . . . . 発振器、2 2 . . . . 3 4 . . . . 圧電抵抗素子、3 8 . . . . 4 2 . . . . 増幅器、4 4 . . . . 位相検出器、6 6 . . . . 積分器、6 8 . . . . 微分器。

発明人 ザ・ベンディツクス・コーポレーション

代理人 山川政樹(ほか1名)

FIG.1

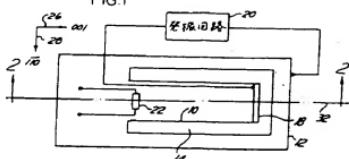


FIG.2

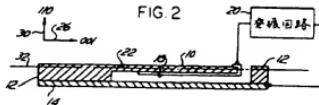


FIG.3

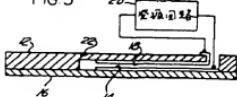


FIG 4

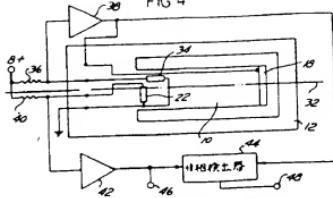


FIG 5

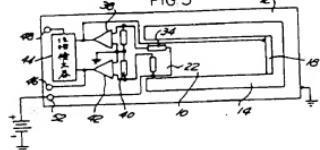


FIG 6

